

FTG/RF-15940-RG

INTENSIFICACIÓN SOSTENIBLE DE LA LECHERÍA

Producto 2. Metodología para la evaluación de la sostenibilidad de los sistemas de producción lechera

Santiago Fariña

Sofía Stirling

Francisco Candiotti

Año 2020



Códigos JEL: Q16

FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria) es un programa de cooperación administrado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), pero con su propia membresía, estructura de gobernabilidad y activos. Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, FONTAGRO, de sus Directorios Ejecutivos ni de los países que representan.

El presente documento ha sido preparado por Sofía Stirling, Santiago Fariña, Francisco Candiotti.

Copyright © 2020 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial- SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional. Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Esta publicación puede solicitarse a:

FONTAGRO

Banco Interamericano de Desarrollo
1300 New York Avenue, NW, Stop W0502
Washington, D.C., 20577

Correo electrónico: fontagro@iadb.org



Contenidos

Resumen.....	6
1. Indicadores del desempeño productivo, económico, social y ambiental.	7
1.1 Conformación de grupos de trabajo con técnicos referentes especialistas.	7
1.2 Discusión, análisis y selección de los indicadores.	8
1.3 Definición consensuada de los indicadores claves del desempeño físico y económico, social y ambiental.....	8
1.3.1 Definición consensuada de los indicadores físicos y económicos.....	9
1.3.2 Definición consensuada de los indicadores sociales	10
1.3.3 Definición consensuada de los indicadores ambientales	11
1.4 Incorporación de los indicadores en el Modelo de Simulación OLE! 5.3	13
2. Modelo de Simulación OLE! 5.3.....	14
2.1 Generalidades del Modelo de Simulación OLE! 5.3	14
2.2 Metodología de trabajo para el desarrollo y adaptación del Modelo de Simulación .	16
2.3 Capacitación en el uso del Modelo de Simulación OLE!.....	19
3. Conclusiones.....	20
4. Referencias Bibliográficas	22
Instituciones participantes.....	23



Índice de Tablas

Tabla 1. Detalle de los técnicos participantes en los grupos de trabajo conformados para la selección de los indicadores físicos, económicos, sociales y ambientales de los sistemas. 7

Tabla 2. Indicadores del desempeño productivo, económico, social y ambiental de los sistemas. 8

Tabla 3. Secciones del Modelo de Simulación OLE! (v5.3)..... 15



Índice de Imágenes

Imagen 1. Trabajo en el Taller técnico de “Metodología e Indicadores para la Modelación de Sistemas Lecheros” realizado del 10 al 14 de septiembre 2018 en la Ciudad de Panamá y aportes realizados respecto al Modelo de Simulación. **21**



Resumen

La presente Nota Técnica sobre Metodología e indicadores para la evaluación de la sostenibilidad de los sistemas corresponde al Producto del Conocimiento 2 comprometido en la matriz de resultados del proyecto. El mismo se enmarca en la Actividad 1.2.: *Seleccionar y adaptar una metodología e indicadores para la evaluación de la sostenibilidad de los sistemas* y presenta como resultado final la definición de indicadores y de un modelo de simulación para la evaluación de estrategias de intensificación sustentables de los sistemas lecheros de América Latina y el Caribe.

La definición consensuada de indicadores del desempeño productivo, económico, social y ambiental para la evaluación de la sostenibilidad de los sistemas se llevó a cabo en los talleres técnicos de trabajo realizados en Panamá (septiembre 2018) y Uruguay (septiembre 2019). Por otro lado, el desarrollo del Modelo de Simulación OLE! 5.3, como herramienta para la modelación de estrategias de intensificación sostenibles, fue un trabajo de retroalimentación y mejora continua realizado transversalmente a lo largo de los diferentes talleres e instancias de intercambio del grupo de trabajo y estuvo a cargo del consultor Francisco Candiotti, Especialista en Producción lechera (Argentina).

La selección consensuada de los indicadores claves (key performance indicators; KPIs) para la evaluación de los sistemas, permitirá evaluar y comparar sistemas de producción de diferente índole desde una misma perspectiva para los países de la región, manteniendo el enfoque de la sustentabilidad económica, social y ambiental.

El desarrollo de un modelo de simulación adaptado a los sistemas lecheros de América Latina y el Caribe que incorpora los KPIs seleccionados en el marco del proyecto, permitirá el análisis y evaluación de estrategias de intensificación de los diferentes sistemas de una forma consensuada y utilizando una misma herramienta en toda la región.

Palabras Clave: Indicadores, KPI, sostenibilidad, ambiental, social, económica



1. Indicadores del desempeño productivo, económico, social y ambiental.

El proyecto propone mejorar la sostenibilidad de los sistemas lecheros de América Latina y el Caribe considerando los aspectos productivos, económicos, sociales y ambientales. La metodología para la definición consensuada de los mismos fue la siguiente:

1.1 Conformación de grupos de trabajo con técnicos referentes especialistas.

Se conformó un grupo de trabajo con técnicos especialistas en cada una de las áreas temáticas para llevar a cabo la preselección de indicadores (Tabla 1). La dinámica de trabajo fue mediante reuniones virtuales.

Tabla 1. Detalle de los técnicos participantes en los grupos de trabajo conformados para la selección de los indicadores físicos, económicos, sociales y ambientales de los sistemas.

Nombre	Área del conocimiento	Institución	País
Indicadores físicos			
Santiago Fariña	Investigador especializado en sistemas de producción de leche	INIA	Uruguay
Francisco Candiotti	Especialista en Producción Lechera (UNL)	Consultor	Argentina
Indicadores económicos			
Santiago Fariña	Investigador especializado en sistemas de producción de leche	INIA	Uruguay
William Sánchez	Investigador en pastos y forrajes	INTA	Costa Rica
Francisco Candiotti	Especialista en Producción Lechera (UNL)	Consultor	Argentina
Indicadores sociales			
Jennifer Zapata	Directora del Programa para las Américas.	Heifer International	Nicaragua
Milton Castillo	Especialista en desarrollo socio económico en comunidades rurales y urbanas	Heifer International	Nicaragua
Walter Quintana	Especialista en desarrollo rural y agronegocios	Heifer International	Nicaragua
Francisco Diéguez	Encargado del Área de Tecnología Agropecuaria y Profesor Adjunto en Facultad de Veterinaria	Universidad de la República	Uruguay
Indicadores ambientales			
Verónica Charlon	Especialista en gestión del agua y del ambiente en sistemas lechero	INTA	Argentina
Cristóbal Villanueva	Especialista en ganadería sostenible	CATIE	Costa Rica



1.2 Discusión, análisis y selección de los indicadores.

La selección de los indicadores para la evaluación integral de los sistemas se realizó en dos etapas a través de la presentación por parte del grupo de trabajo de una propuesta de indicadores a los representantes de los 11 países del proyecto durante talleres presenciales y la discusión y selección final de estos. En esos talleres se complementó el trabajo de ajuste de indicadores mediante la evaluación práctica de los sistemas lecheros reales en cada país.

1. En primer lugar, se definieron los indicadores físicos y económicos, durante el “Taller de Metodología e Indicadores para la Modelación de Sistemas Lecheros” (10 al 14 de septiembre 2018, Panamá).
2. Posteriormente, durante el “Taller de evaluación de estrategias de intensificación lechera” (23 al 27 de septiembre 2019, Uruguay) se definieron los indicadores sociales y ambientales de los sistemas.

1.3 Definición consensuada de los indicadores claves del desempeño físico y económico, social y ambiental.

Se seleccionaron un total de 24 indicadores para la evaluación de los sistemas lecheros de la región. Los indicadores seleccionados están agrupados en 7 de carácter físico, 5 económicos, 4 sociales y 8 ambientales y se presentan en la Tabla 2. Los mismos permitirán la evaluación de la intensificación sostenible de los sistemas de producción lechera de la región de ALC.

Tabla 2. Indicadores del desempeño productivo, económico, social y ambiental de los sistemas.

Indicadores	Unidades
Físicos	
Consumo de alimento propio	kg de materia seca aprovechable por hectárea media por año
Concentración energética del alimento global	mega calorías de energía metabolizable por kilogramo de materia seca aprovechable, promedio anual
Superficie ocupada por vacas adultas	porcentaje de la superficie total
Carga Animal	kilogramos de peso vivo por hectárea vaca total
Producción Individual	litros de leche producidos por vaca en ordeño diariamente
Productividad de la superficie vaca total	litros de leche por hectárea vaca total por año
Productividad de carne	kilogramos de carne por hectárea total por año
Económicos	
Ingreso Neto	US\$ por hectárea vaca total por año
Resultado Neto	US\$ por hectárea vaca total por año



Costo de producción de corto plazo	US\$ por litro de leche vendido
Costo de producción de largo plazo	US\$ por litro de leche vendido
\$ Alimentación rodeo / \$ Venta de leche	%
Sociales	
Ingreso por trabajador de la mano de obra familiar	CBT equivalentes
Ingreso por trabajador de la mano de obra empleada	CBT equivalentes
Productividad de la mano de obra	Vaca total por trabajador jornada completa
Productividad de la mano de obra	Litros de leche anuales por trabajador a jornada completa
Ambientales	
Balance de Nitrógeno	salidas – entradas, expresado en kg N/ha
Eficiencia Global del Balance de Nitrógeno	salidas/entradas, expresado en %
Balance de Fósforo	salidas – entradas, expresado en kg P/ha
Eficiencia Global del Balance de Fósforo	salidas/entradas, expresado en %
Eficiencia de utilización del agua	litros agua por litro leche
Eficiencia de utilización del agua	litros de agua/kilogramo de proteína animal, incluye leche y carne egresadas del sistema
Emisión de metano	gramos metano por litro leche
Emisión de metano	kilogramos de metano por kilogramo de proteína animal, incluye leche y carne egresadas del sistema

1.3.1 Definición consensuada de los indicadores físicos y económicos.

La definición de los indicadores físicos y económicos, como primera aproximación para la evaluación de los sistemas, se llevó a cabo en el ‘Taller de Metodología e Indicadores para la Modelación de Sistemas Lecheros’ de 10 al 14 de septiembre 2018, Panamá. En el mismo participaron un total de 15 investigadores y técnicos, los cuales representaban a 9 instituciones y 8 países de América latina y el Caribe. De forma consensuada, el grupo de trabajo definió los indicadores claves del desempeño físico y económico, para poder evaluar los sistemas modales y compararlos entre sí.

Los indicadores físicos seleccionados aportan información respecto al desempeño productivo del sistema con relación a la utilización de la superficie (carga animal expresada en kilos de peso vivo por hectárea y proporción de la superficie ocupada por las vacas adultas), producción de leche y carne (litros de leche por vaca y por hectárea ocupada por vacas adultas; kilos de carne por hectárea total), consumo de forrajes (kilos de materia seca aprovechable por hectárea media) y calidad media de la alimentación ofrecida (concentración energética promedio del alimento). Los indicadores económicos seleccionados son el ingreso y resultado neto expresados en relación con



la superficie ocupada por las vacas adultas, costos de producción con relación por litro de leche comercializado y costo de alimentación del sistema en relación con los ingresos por venta de leche. Utilizando estos indicadores comunes, se podrán evaluar los sistemas modales de cada país siguiendo un mismo criterio, así como realizar comparaciones de los sistemas entre países. A su vez, se evaluarán las propuestas de mejora planteadas, garantizando la viabilidad productiva y económica de las mismas.

1.3.2 Definición consensuada de los indicadores sociales

Para la selección de los indicadores sociales, el trabajo fue liderado por Jennifer Zapata de Heifer International, con vasta experiencia en proyectos de desarrollo social trabajando con productores familiares de Centroamérica y el Caribe. También se contó con la contribución de Milton Catillo, Walter Quintana y Francisco Diéguez. Así, el grupo de trabajo llevó a cabo una preselección de una serie de indicadores sociales por su relevancia a nivel de bienestar familiar y cuantificables a nivel de predio o sistema productivo. Se constató la complejidad de establecer variables cuantitativas como una forma de “ponerle un número” a las personas y a sus necesidades. Sin embargo, se consensuó que es mucho más perjudicial para el desarrollo de un sector el descuidar el costado humano de la producción y como impactan en las personas los cambios que podemos hacer en los sistemas productivos. Se presenta aquí los indicadores bajo 3 categorías:

- **Ingreso y eficiencia.** Estos indicadores intentan reflejar en qué medida el sistema productivo permite o no sostener económicamente a la familia, el involucramiento de esta en el trabajo y la relación entre las horas de dedicación al trabajo y la producción. Los mismos son:
 1. Ingresos en relación con la canasta básica total
 2. Cantidad de personas de la familia a jornada completa
 3. Cantidad de empleados a jornada completa
 4. Eficiencia del trabajo
 - a. Vacas Totales / persona a jornada completa
 - b. Litros leche / persona a jornada completa
- **Empoderamiento de la mujer.** La importancia de estos indicadores radica en que intentan captar el grado de participación de las mujeres sobre la toma de decisiones económicas/financieras de la familia, por un lado, y productivas, por otro. Los mismos son:
 1. Mujeres deciden sobre el uso del ingreso familiar (Ninguna decisión; Comparten decisión; Deciden)
 2. Mujeres con poder de tomar decisiones sobre los activos o recursos productivos familiares (Ninguna decisión; Comparten decisión; Deciden)
- **Capital social.** Estos indicadores permitirían captar el grado de vinculación y acceso a fuentes de información útil que tienen las familias a cargo de los sistemas de producción de leche. Los mismos son:



1. Alianzas de colaboración (número y tipo)
2. Miembros de la familia con acceso a información y comunicación sobre prácticas de producción sustentable (No tiene acceso; Tiene acceso pero no usa; Tiene acceso y usa)
3. Solidaridad y cooperación entre los miembros de la comunidad (A veces; Muchas veces; Siempre)

El valor de la incorporación de los indicadores sociales en el Modelo de Simulación radica en que permite la medición del ingreso por trabajador, el cual es útil para comparar las diferentes combinaciones de productos y cadenas de valor permitiendo generar diferentes escenarios para cerrar la brecha del ingreso. Por ejemplo, permite analizar que otras actividades de diversificación se requieren o si con la actividad pecuaria leche o carne se generan los ingresos necesarios para cubrir los costos de alimentación de las familias y reducir la brecha de pobreza.

Desde Heifer Internacional, como organismo asociado del proyecto y con amplia experiencia en trabajo social, se recomienda el análisis de la brecha de Ingresos Dignos para complementar el comparativo con la canasta básica total (línea de pobreza). Esta entidad define el Ingreso Digno como el ingreso que un hogar debe generar o recibir anualmente, ya sea en efectivo o en especies, para permitir que todos los miembros del hogar tengan un nivel de vida digno. Cuatro componentes contribuyen a definir ese nivel de ingreso: el costo de una dieta nutritiva y de bajo costo; el costo de una vivienda digna; los costos de otras necesidades básicas como la educación, la ropa y la atención sanitaria; y una estimación de costos inesperados que ayudan a los hogares a soportar los shocks ante la pérdida de activos. Este análisis se realiza preferentemente con datos primarios recopilados directamente de los hogares o, si no es posible, con datos secundarios en las cadenas de valor. Una vez establecida la referencia del ingreso digno del hogar, se puede dividir el ingreso por el número promedio de miembros de la familia en el área del proyecto para obtener una estimación del ingreso digno per cápita. Se recomienda a futuro medir los ingresos reales y comparar la referencia de ingresos dignos con los ingresos reales para cuantificar la brecha de ingreso digno.

1.3.3 Definición consensuada de los indicadores ambientales

Para la selección de indicadores ambientales se conformó un grupo de trabajo en el cual participaron los investigadores referentes Verónica Charlon (INTA – Argentina) y Cristóbal Villanueva (CATIE – Costa Rica), ambos con formación y experiencia en la temática del impacto ambiental de sistemas agropecuarios. En la literatura existe una lista importante de indicadores ambientales para evaluar la gestión en predios ganaderas, tanto a nivel local, como internacional (FAO). Se priorizó la selección de 5 indicadores sencillos que pudiesen calcularse con la, a veces, escasa información existente en los sistemas caracterizados y que brindaran información rápida sobre el impacto ambiental de los sistemas:



- **Balance predial de nutrientes.** Es uno de los métodos más comunes para cuantificar el impacto ambiental del uso de nutrientes (Oenema et al., 2003). Son útiles para comprender la dinámica de los nutrientes y conocer su potencial para ser retenido y reciclado dentro del propio sistema, estimando la magnitud del costo ambiental y económico (Gourley et al., 2012; Spears et al., 2003 ab). Se calculan como la diferencia entre las entradas y salidas de un nutriente en un predio, mostrando el excedente de nutrientes que se pueden expresar por hectárea o por unidad de producto (leche, carne y otros). También es utilizado en reglamentaciones ambientales, por su facilidad de cálculo. Los balances de N y P (nitrógeno y fósforo) se estudian porque éstos son los principales nutrientes que pueden limitar el crecimiento de los cultivos y también porque sus pérdidas pueden causar problemas ambientales (p.ej. contaminación de cursos de agua o napas) (Charlon et al., 2019). A continuación se detallan las ecuaciones consensuadas para el cálculo de los balances de N y P, las cuales fueron incorporadas al modelo de simulación:

- Eficiencia Global del Balance (EGB): Indica que proporción del nutriente total ingresado al predio sale del mismo en los productos leche y carne.

$$EGB (\%) = (EGRESO/INGRESO)*100$$

- Indicador de Uso de Nutriente (IUN): Se considera como el cociente entre el Balance – exceso que permanece en el establecimiento – y el total ingresado, mostrando las ineficiencias del sistema.

$$IUN (\%) = (BALANCE/INGRESO)*100$$

- **Consumo directo y eficiencia de uso de agua.** La lechería utiliza grandes volúmenes de agua de forma directa (consumo animal, riego, limpieza) como indirecta (producción de alimentos comprados). Es de particular importancia conocer la distribución y las demandas de agua en la producción ganadera (Charlon & Tieri, 2019). Se evaluarán tanto las fuentes de agua subterránea como superficial y su destino, a fin de identificar puntos críticos en la eficiencia del uso del recurso. Se calcularán los indicadores a través de datos directos de uso del agua y/o estimación a partir de fórmulas de referencia.
- **El Índice de Conservación de la Biodiversidad (ICB)** es una herramienta que permite evaluar el impacto de diferentes tipos de usos de suelo arbolados sobre la conservación de la biodiversidad (BD) dentro de paisajes agropecuarios (Ibrahim et al., 2010; Villanueva et al., 2011). CATIE y otras instituciones en la región han realizado varios estudios en donde se ha demostrado que la estructura y diversidad de la cobertura arbórea influye en la riqueza y abundancia de la biodiversidad (flora y fauna; Enriquez et al., 2007, Saénz et al., 2007). La conservación de la biodiversidad tiene relación con la adaptación y mitigación al cambio climático, y la generación de servicios ecosistémicos tanto a nivel de fincas como de territorios. Este es un indicador que será valorada su aplicación en la evaluación de fincas, momento en el que se podrá planificar la recolección de insumos para su cálculo. El cálculo se realiza por medio de la ecuación siguiente: $ICB = ((\sum \text{Área de cada uso} \times \text{puntos de$



biodiversidad por cada uso) + (Longitud de la cerca viva x puntos de biodiversidad de la cerca viva))/Área total de la finca) x 100. El cálculo final del ICB arroja un valor que va de 0 a 100, donde 100 corresponde al valor máximo de conservación de biodiversidad que tendría una finca. Por ejemplo, una finca de 100 ha de bosque tendrá un ICB = 100 (Vergara & Sepúlveda, 2015).

- **Emisión de metano entérico.** La cantidad de metano que se libera depende del tipo de tracto digestivo, la edad y el peso del animal, así como de la calidad y la cantidad del alimento consumido. El metano representa una pérdida de energía (2-12%) e impacto para el ambiente representando el 15% del total de emisiones de GEI y al 40% de la emisión total del sector ganadero (Gerber et al., 2013). El cálculo de este indicador es realizado con la información de consumo y calidad de la dieta que describe el modelo de simulación.

1.4 Incorporación de los indicadores en el Modelo de Simulación OLE! 5.3

La incorporación de los indicadores claves del desempeño físico, económico, social y ambiental estuvo a cargo de Francisco Candiotti, desarrollador del modelo de simulación.



2. Modelo de Simulación OLE! 5.3

El desarrollo y la adaptación del Modelo de Simulación OLE! 5.3, como herramienta para la modelación de estrategias de intensificación sostenibles, fue un trabajo realizado transversalmente a lo largo de los diferentes talleres e instancias de intercambio del grupo de trabajo y estuvo a cargo de Francisco Candiotti, Especialista en Producción Lechera (Argentina). El modelo de simulación adaptado a los sistemas lecheros de América Latina y el Caribe constituye la herramienta central para el análisis de los diferentes sistemas de una forma consensuada entre los países de la región.

2.1 Generalidades del Modelo de Simulación OLE! 5.3

El modelo, en su versión básica inicial, era una plataforma base Excel para la toma de decisiones a nivel de sistema productivo y con paso anual, desarrollado para sistemas de Argentina y con indicadores de resultado biofísico y económico. Fue seleccionado para su uso en el proyecto ya que inicialmente presentaba la capacidad de generar numerosos indicadores (outputs) a partir de un número relativamente reducido de datos de base de la finca o sistema productivo (input) y permitía la flexibilidad de ajuste de métricas, supuesto e indicadores para adaptarlo a otros sistemas productivos de latitudes diferentes.

El modelo integra aspectos físicos, económicos, sociales y ambientales de los sistemas lecheros. Genera para los sistemas simulados una gran cantidad de resultados e indicadores en todos los campos mencionados a partir de datos de entrada accesibles para cualquier productor o asesor lechero (low input - high output) y demandando muy poco tiempo. El mismo se encuentra adaptado y ha sido aplicado para la simulación de los diferentes tipos de sistemas de producción lechera especializada o doble propósito que pueden encontrarse en la región de América Latina y el Caribe. El modelo funciona sobre Microsoft Excel 2010 o versiones posteriores y el mismo es de libre acceso. Se detalla en la Tabla 3 las diferentes secciones del modelo. Cabe destacar que las hojas VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII y Hoja Auxiliar fueron desarrolladas durante el presente proyecto.

Enlace para la descarga del modelo:
[https://www.fontagro.org/new/uploads/adjuntos/Producto 2 Modelo de Simulacion OLE -
_Versi%C3%B3n 5.3 - En blanco.xlsm](https://www.fontagro.org/new/uploads/adjuntos/Producto_2_Modelo_de_Simulacion_OLE_-_Versi%C3%B3n_5.3_-_En_blanco.xlsm)

Enlace a la guía de usuario del modelo:
[https://www.fontagro.org/new/uploads/adjuntos/Producto 2 Guia de Usuario Modelo de S
imulacion OLE!.pdf](https://www.fontagro.org/new/uploads/adjuntos/Producto_2_Guia_de_Usuario_Modelo_de_Simulacion_OLE!.pdf)



Tabla 3. Secciones del Modelo de Simulación OLE! (v5.3)

Sección	Descripción
Inicio	La carátula brinda información referida al proyecto para el cual fue desarrollado, versión, desarrollador e instituciones participantes.
I Potencial alimento	En esta sección se ingresa la información correspondiente a los alimentos utilizados en el sistema de producción que se quiere simular.
II Parámetros de rodeo	En esta sección se ingresa se ingresa la información correspondiente a los parámetros medios de rodeo del sistema de producción que se quiere simular
III Resultados físicos	En esta sección se presentan los resultados físicos del sistema en base a los datos cargados en las hojas I y II, relativos a la utilización de la superficie, producción de leche, eficiencia alimenticia y otros.
IV Mejoras y maquinaria	En esta sección se ingresa la información sobre valuación de mejoras, equipamiento de la instalación de ordeño y la maquinaria para suministro y/o manejo forrajero.
V Resultados económicos	En esta sección se cargan datos y se presentan los resultados económicos del sistema.
VI Estimación totales	En esta sección se presentan los resultados físicos y económicos en valores absolutos (totales) para un sistema determinado
VII 11 KPIs GLOBALES	En esta sección se presentan el set de Indicadores claves del desempeño (KPIs) físico, económico, social y ambiental, seleccionados con el objetivo de extraer rápidamente unos pocos parámetros fundamentales destinados a la comparación entre sistemas.
VIII Estructura de costos	En esta sección se desglosa la estructura de costos del sistema; gastos directos, gastos de estructura, amortizaciones e intereses.
IX Escenarios precios leche	Es una hoja de resultados que permite visualizar el comportamiento del Ingreso Neto y del Resultado Neto ante diferentes escenarios de precios de la leche.
X Indicadores de mano de obra	Esta hoja permitirá analizar el ingreso de cada trabajador, tanto de la mano de obra familiar como de la mano de obra contratada (en estos últimos, incluyendo cargas sociales) con relación a la Canasta Básica Total (CBT) o índice equivalente (canasta familiar, línea de pobreza, etcétera).
XI Balances de Nitrógeno y Fosforo	Esta hoja permite estimar los balances de estos dos nutrientes. Las entradas consideradas son: ingreso de animales, alimentos externos o importados, fertilizantes, lluvias (sólo para N) y fijación biológica (sólo para N). Las salidas consideradas son: egreso de animales y venta de leche. Además de los balances, se presentan otros índices de eficiencia.
XII Agua y Metano	En esta sección se calcula la utilización del agua a nivel predial y la estimación de la emisión de metano entérico del sistema con los respectivos indicadores de eficiencia.
Hoja auxiliar opcional	Hoja auxiliar opcional facilita, a través de valores mensuales y totales para el sistema simulado, la carga de los siguientes inputs: Mano de obra familiar, Mano de obra empleados, Otros gastos directos, Otros gastos de estructura



2.2 Metodología de trabajo para el desarrollo y adaptación del Modelo de Simulación

La metodología de trabajo se basó en la adaptación de un Modelo de simulación de sistemas lecheros ya existente, a los sistemas de producción lechera de América Latina y el Caribe. Esto se llevó a cabo a través de la interacción de los miembros de la plataforma de trabajo con Francisco Candiotti, desarrollador del modelo.

Sus primeras versiones estuvieron orientadas a la capacitación de estudiantes de posgrado de la carrera de Especialización en Producción Lechera (Facultad de Ciencias Agrarias – UNL, Argentina, desde 2009). Su estructura estaba pensada para sistemas de producción especializados en leche, característicos de la región pampeana de la Argentina e incluían solamente el cálculo de indicadores físicos y económicos. A partir de allí fue pasando por diferentes versiones, mejorando su capacidad de estimación y añadiendo funciones hasta la versión 2016, vigente al momento de su integración al proyecto.

La dinámica de trabajo para llevar a cabo la adaptación y desarrollo del modelo en el marco del proyecto consistió en numerosos intercambios virtuales (videoconferencias) y trabajo en talleres presenciales. A continuación se describen las etapas de trabajo:

Etapa 1. II Taller técnico ‘Metodología e indicadores para la modelación de sistemas lecheros’ (septiembre 2018, Panamá) (V2018)

En primer lugar el ‘Modelo de simulación de sistemas lecheros’ fue presentado a la plataforma de trabajo en una videoconferencia grupal realizada el 29 de junio de 2018. La versión 2018, ya integrada al proyecto incluía las primeras modificaciones para adecuarse a sistemas doble propósito y contemplar diferentes opciones de manejo de las vaquillonas de reposición (mismo predio o recría externa).

Durante el Taller técnico ‘Metodología e indicadores para la modelación de sistemas lecheros’ (septiembre 2018, Panamá) se llevó a cabo una introducción teórico-práctica al modelo de simulación por parte de Francisco Candiotti. En esta instancia presencial, los miembros de la plataforma tuvieron la oportunidad de trabajar con el modelo, cargar datos de sus respectivos sistemas modales, y evacuar dudas respecto a su funcionamiento y estructura. Al finalizar el taller hubo una instancia de comentarios y aportes respecto al modelo, sus fortalezas y aspectos de mejoras, en la que los participantes realizaron valiosas contribuciones. Las mismas fueron relevadas e incorporadas al modelo, lo que permitió iniciar la adaptación del modelo a los sistemas de producción lechera de América Latina y el Caribe, contemplando tanto la lechería especializada como la de doble propósito. Los principales cambios se detallan a continuación:

- Se agrega una Hoja de Totales (el modelo mostraba los resultados físicos y económicos por hectárea), cuyo único input es la superficie ganadera del predio.
- Se articula la Hoja de KPIs con el agregado sugerido del resultado neto.



- Se agrega una Hoja auxiliar, para poder ingresar cuenta por cuenta los montos correspondientes a mano de obra, otros gastos directos y otros gastos de estructura (uso opcional) facilitando la carga de algunos datos económicos.
- Se revisaron todos los cálculos relacionados con el consumo y otros.
- Se solucionó incompatibilidad de un macro que “tildaba” algunas computadoras con ciertas versiones de Excel.

El trabajo de incorporación de estas modificaciones al modelo demandó varios meses. Se fue pasando por varias versiones que iban siendo testeadas y mejoradas (V2018i, V2018ii, V2018iii, V2018 3.1, V2019 3.2).

Etapa 2. III Taller Técnico ‘Modelación de estrategias de intensificación lechera’ (abril 2019, Republica Dominicana) (V2019 3.2)

Una vez incorporadas todas las mejoras sugeridas en el Taller técnico de Panamá, el modelo fue presentado nuevamente en una videoconferencia grupal el 15 de febrero de 2019. Durante la misma se realizaron más aportes por parte de los participantes, los cuales fueron incorporados al modelo:

- Se incorpora una la Hoja VIII – Estructura de costos con un análisis de la estructura de costos, así como una tabla con costos expresados en distintas unidades y gráfico de análisis de gastos (erogaciones reales) para evaluar visualmente el impacto relativo de cada rubro de gastos.
- Se incorporan gráficos en la hoja auxiliar opcional de “Otros gastos directos” y “Otros gastos de estructura” para evaluar visualmente el impacto relativo de cada cuenta.
- En la hoja de resultados económicos se agregó un gráfico de resultados económicos, expresándolos como % del Ingreso Bruto. También se corrigió un pequeño error que había en los mensajes.
- Se redactó una guía para la operación que está incorporada al modelo y se puede abrir en PDF. En la hoja de inicio se agregó un comando para abrir la guía.
- En los días al desleche se incorporó una restricción de 300 días.

Tras este proceso de aportes e intercambio se llegó a la versión del modelo (Versión 2019 3.2).

Luego del taller de República Dominicana tras una versión de prueba (V2019 3.3) se llegó a la versión V2019 4.0 el agregado de una hoja de análisis de riesgo ante diferentes escenarios de precios de la leche. Esta última mejora fue sugerida por el Ing. Agr. Ph.D. Javier Baudracco. Se consolidó luego de ajustes menores la última versión orientada a resultados físicos y económicos solamente (V2019 4.1).

Etapa 3. IV Taller Técnico ‘Evaluación de estrategias de intensificación lechera’ (septiembre, 2019, Uruguay) (V2019 5.1)



En los meses previos al Taller de Uruguay se comenzó el trabajo orientado a la incorporación de los indicadores sociales y ambientales. Este trabajo se terminó durante el mismo taller, con una versión inicial (V2019 5.0) y una versión final (V2019 5.1) con el agregado de las hojas de indicadores de mano de obra, balances de nitrógeno y fósforo, uso de agua y emisión de metano entérico.

Con posterioridad al trabajo realizado en el Taller de INIA Uruguay en septiembre 2019, se incorporaron al modelo las siguientes modificaciones:

- Las hojas o pantallas se muestran en vista de pantalla completa y se autoajustan a las diferentes resoluciones de pantalla de los usuarios. Esto le quita apariencia de Excel y mejora la vista general. También hace que la operación se deba ejecutar a través de los botones de comando.
- Se incorporó en la hoja de parámetros de rodeo la posibilidad de vender hembras en etapas tempranas, de forma análoga a la venta de terneros machos. Esta modificación fue sugerida por William Sánchez (INTA Costa Rica) y Cristóbal Villanueva (CATIE Costa Rica), ya que en los sistemas doble propósito esta práctica puede ser habitual.
- La modificación anterior llevo a redefinir toda la rutina de rodeo (composición + crecimiento) repercutiendo en los indicadores relacionados con esto: carga animal y ocupación de la superficie por rodeo adulto y rodeo joven, ventas de carne (físicas y económicas), diferencias de inventario (físicas y económicas), capital hacienda, etcétera, con todos los arrastres que derivan de ello. Las modificaciones realizadas dieron mejor arraigo conceptual y mayor precisión a todos los cálculos derivados. Gracias a estos cambios, se pudo detectar un error de ecuación, que sobrevaloraba el impacto del capital hacienda, elevando el costo de oportunidad del capital y castigando, consecuentemente, al resultado neto y la rentabilidad (esto era menos perceptible para rodeos relativamente eficientes pero se hacía más perceptible en rodeos bastante ineficientes). Todos los cambios incorporados mejoraron la calidad de estimación del modelo.
- En la hoja de parámetros de rodeo se incorporó un visor del crecimiento de rodeo, para ir observando esta estimación a medida que se van modificando los inputs sin tener que ir a la hoja de resultados físicos de forma constante.
- En la hoja de resultados físicos se añadió la "Producción individual medible" para ser usada en los sistemas doble propósito (la leche que efectivamente se ordeña, ya descontada la leche consumida por las crías al pie). Esto facilita el ajuste de sistemas reales versus simulados en este tipo de sistemas.

Estas últimas modificaciones se hicieron pasando por dos versiones de prueba (V2020 5.11 y V2020 5.2) para arribar, finalmente, a la versión actual, ya con el nombre de Organizador Lechero (OLE! 5.3). Fueron 14 las versiones por las cuales se fue transitando durante todo el proceso de desarrollo del modelo, desde la primera adaptación hasta la forma actual.



2.3 Capacitación en el uso del Modelo de Simulación OLE!

Por un lado un total de 20 técnicos e investigadores que participan en el proyecto han sido entrenados en el uso del modelo de simulación a lo largo de los talleres realizados. Además de estar capacitados en el uso de la herramienta, como se mencionó, todos ellos han participado activamente en el desarrollo de la misma.

Por otro lado, durante el Curso virtual de Introducción al simulador OLE! 5.3 para técnicos de la producción lechera de Latinoamérica y el Caribe: “Planificación de sistemas lecheros mediante modelización” se capacitaron un total de 243 personas, fundamentalmente profesionales y técnicos del sector lechero de 16 países de la región de Latinoamérica y el Caribe. Hasta la fecha se han realizado un total de 226 descargas del Modelo de simulación, por parte de profesionales, asesores, técnicos, estudiantes e incluso productores del sector lechero de 16 países de la región de América latina y el Caribe.



3. Conclusiones

Como resultado de la Actividad 1.2 del proyecto, se alcanzó la selección consensuada de los indicadores claves para la evaluación productiva, económica, social y ambiental de los sistemas.

Por otro lado, se desarrolló el Modelo de simulación OLE! 5.3 adaptado a los sistemas lecheros de América Latina y el Caribe, que permitirá el análisis de los diferentes sistemas de una forma consensuada entre los países de la región a través de la incorporación de los indicadores claves para la evaluación del desempeño productivo, económico, social y ambiental. La metodología propuesta, permitirá evaluar y comparar sistemas de producción de diferente índole desde una misma perspectiva para todos los países. De esta forma se podrán evaluar estrategias de intensificación sostenibles desde lo económico, social y ambiental.

Esto se logró gracias al aporte de más de 20 investigadores y técnicos expertos en lechería, en representación de 13 instituciones y 11 países de América latina y el Caribe, quienes contribuyeron activamente a la selección de los indicadores y al desarrollo del Modelo de Simulación de resaltar la fortaleza del modelo como herramienta para la simulación de estrategias de intensificación sostenible en la región, y la ventaja de que el mismo se haya desarrollado en el marco del proyecto, ya que admite realizarle mejoras y adaptarlo aún más a los sistemas de la región. Se trata de una herramienta que incorpora y plasma el trabajo realizado por parte de la plataforma de trabajo en materia de Intensificación sostenible de la lechería. Además, a través de la capacitación de técnicos del sector lechero en el uso de esta herramienta, se fortalecieron las capacidades técnicas en materia de intensificación sostenible de la lechería en la región.

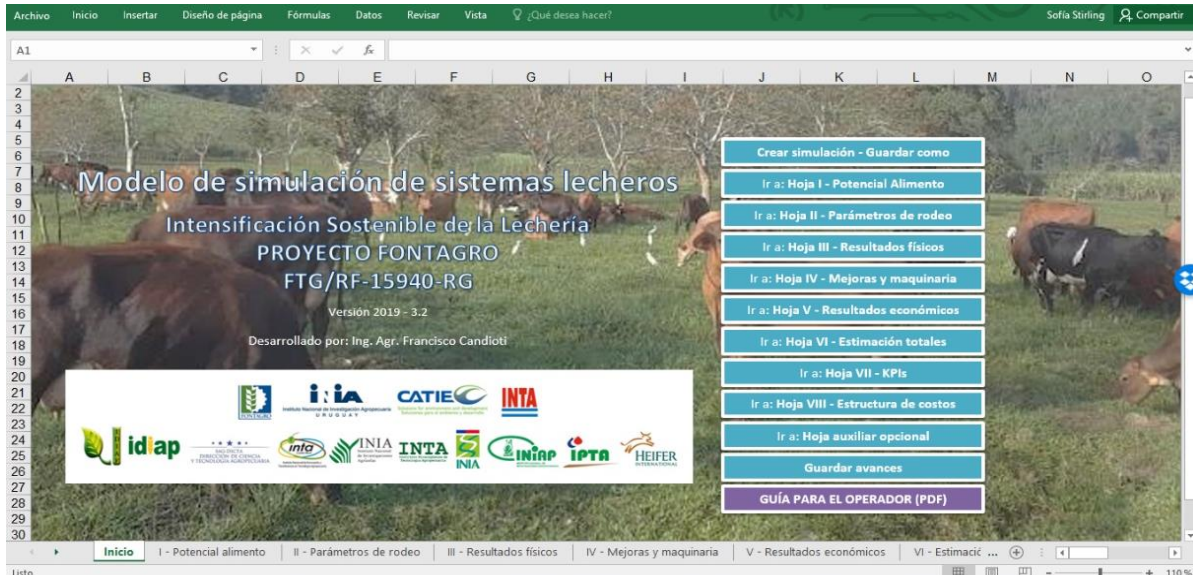


Imagen 1. Trabajo en el Taller técnico de “Metodología e Indicadores para la Modelación de Sistemas Lecheros” realizado del 10 al 14 de septiembre 2018 en la Ciudad de Panamá y aportes realizados respecto al Modelo de Simulación.



4. Referencias Bibliográficas

- Charlon, V. & Tieri, M.P. (2018). Producción animal e recursos hídricos : tecnologías para manejo de residuos e uso eficiente dos insumos Chapter: Water Use in Milk Production in Argentina. Ed. J.C. Pascale Palhares – Brasília, DF : Embrapa, 2019. ISBN 978-85-7035-911-7
- Charlón, V., Herrero, M.A., Cuatrín, A. (2019). Nutrient balances in milk production systems in Argentina. Anais do VI Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais (SBERA EMBRAPA), 2019.
- Enriquez, ML; Sáenz, J; Ibrahim, M. (2007). Riqueza, abundancia y diversidad de aves y su relación con la cobertura arbórea en un agropaisaje dominado por la ganadería en el trópico subhúmedo de Costa Rica. *Agroforestería en la Americas* 45:49-57.
- Gerber, PJ; Steinfeld, H; Henderson, B; Mottet, A; Opio, C; Dijkman, J; Faluccci, A; Tempio, G. (2013). Hacer frente al cambio climático a través de la ganadería: Evaluación global de las emisiones y las oportunidades de mitigación. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). Roma, IT. Disponible en: www.fao.org/publications
- Gourley, C. J., Dougherty, W. J., Weaver, D. M., Aarons, S. R., Awty, I. M., Gibson, D. M., ... & Peverill, K. I. (2012). Farm-scale nitrogen, phosphorus, potassium and sulfur balances and use efficiencies on Australian dairy farms. *Animal Production Science*, 52(10), 929-944.
- Ibrahim, M; Casasola, F; Villanueva, C; Murgueitio, E; Ramírez, E; Sáenz, J; Sepúlveda, C. (2010). Payment for Environmental Services as a tool to encourage the adoption of silvo-pastoral systems and restoration of agricultural landscapes dominated by cattle in Latin America. Pp. 197-219 In *Restoring degraded landscapes with native species in Latin America*, eds. F. Montagnini, and C. Finney. New York: Nova Science Publishers.
- Spears, R. A., Kohn, R. A., & Young, A. J. (2003). Whole-farm nitrogen balance on western dairy farms. *Journal of dairy science*, 86(12), 4178-4186.
- Vergara, JA; y Sepúlveda, C. (2015). Levantamiento de usos de suelo y aplicación de un índice de conservación de biodiversidad en fincas ganaderas del Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca (CBVCT), Costa Rica. Informe Final. Ed. J Esquivel; A Martínez. CATIE, CR. 54 p.
- Villanueva, C., Ibrahim, M., Casasola, F. and Sepúlveda, C., (2011). Ecological Indexing as a Tool for the Payment for Ecosystem Services in Agricultural Landscapes: The Experience of the GEF Silvopastoral Project in Costa Rica, Nicaragua and Colombia. In: B. Rapidel, F. DeClerck, J.F. Le Coq and J. Beer (Editors), *Ecosystem Services from Agriculture and Agroforestry: Measurement and Payment*. Earthscan, London, UK, pp. 141-158.
- Oenema, O., Kros, H., & de Vries, W. (2003). Approaches and uncertainties in nutrient budgets: implications for nutrient management and environmental policies. *European Journal of Agronomy*, 20(1-2), 3-16.



Instituciones participantes



Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



www.fontagro.org

Correo electrónico: fontagro@fontagro.org